

Способ стереоскопического измерения координат точек снимков и устройство для его реализации

Изобретение относится к стереометрии, в частности, к бесконтактным
5 способам определения пространственных характеристик объекта по его
стереоскопическим изображениям и может быть использовано в
фотограмметрии, медицине, строительстве, архитектуре, биологии, системах
распознавания образов, исследовании природных ресурсов, оценивании рисков
и последствий природных и техногенных катастроф и других областях.

10 Известен способ стереоскопического измерения координат точек
снимков, заключающийся в стереоскопическом измерении стереомодели путем
определения положения осей визирования глаз относительно главных
оптических осей наблюдательной системы и регистрации результатов
наблюдений путем определения положения визирующих осей в моменты
15 текущей фиксации глаз, который является наиболее близким к заявленному
(SU № 551504, G01C 11/04, 25.03.1977).

Недостатками этого способа являются:

- отсутствие визуального контроля процесса наблюдений стереоснимков, и,
следовательно, невысокая производительность измерений;
- 20 - низкая точность определения положения осей визирования глаз в момент
фиксаций глаз.

Фиксация глаза обусловлена физиологическими особенностями зрения
человека и представляет собой нестационарный процесс стабилизации взгляда
при рассматривании какой-либо точки предмета некоторый период времени.
25 Приведенный способ подразумевает определение моментов фиксаций на
основе анализа амплитуды и скорости изменения положения осей визирования
глаз, однако поскольку глаз человека непрерывно совершает микродвижения,
то, фиксация взгляда не является геометрической точкой, зафиксированной во
времени и в пространстве, а представляет некоторую зону неопределенной
30 формы, формируемую за некоторый интервал времени. Поскольку для
выполнения фотограмметрических построений необходимо задание
конкретных точек с дискретными координатами, то использование фиксаций,
определенных по описанному способу, не позволяет определить положение
осей визирования с точностью, необходимой для фотограмметрических

измерений. С другой стороны, в силу латеральных особенностей индивида движения левого и правого глаза не синхронны, поэтому выделенные фиксации не определяют момента, когда оба глаза одновременно смотрят на одну точку предмета.

- 5 Известна принципиальная схема устройства (SU № 551504, G01C 11/04, 25.03.1977), позволяющая реализовать способ стереоскопического измерения координат точек фотоснимков.

Описываемая принципиальная схема устройства состоит из фотограмметрического прибора аналитического типа, имеющего в составе ЭВМ, с встроенной оптической системой ввода изображения в телевизионные автоматы и электронными анализаторами движения глаз на основе видеконов. Устройство рассчитано на измерение фотографических снимков с использованием призм-куба с частично посеребренной внутренней гранью для построения изображения глаза оператора в окуляре видекона телевизионного автомата.

Недостатками описываемой принципиальной схемы устройства являются:

- отсутствие системы «обратной связи» (т.е. отображения результатов измерений на самих снимках), что приводит к отсутствию контроля выполнения наблюдений;
- отсутствие механизма прецизионной компенсации движения головы, поскольку предлагаемая в устройстве компенсация движения головы основана на принципе измерения блика от глаза, формируемого инфракрасными источниками излучения, и не учитывает неправильность геометрической формы глаза, вызывающую нелинейность изменения положения блика при движении глаза, кроме того, при изменении положения головы при рассматривании точки на фотоснимках глаз выполняет некоторые компенсирующие движения, которые также приводят к нелинейному изменению положения блика;
- невозможность прецизионной дискретной фиксации результатов измерений с использованием систем, построенных на основе телевизионных автоматов с аналоговыми видеконами;

- невысокая точность определения центра зрачка вследствие слабого контраста изображения глаз человека при использовании источников освещения, используемых только для подсветки фотоснимков;
- потери оптического излучения при прохождении через призм-куб, имеющего частично серебрянную внутреннюю грань;
- малое поле зрения оптических систем, используемых в аналоговых фотограмметрических приборах.

Известно устройство прецизионного определения направления взгляда (A Precise Eye-Gaze Detection and Tracking System, A.Pérez, M.L.Córdoba, A.García, R.Méndez, M.L.Muñoz, J.L.Pedraza, F.Sánchez, WSCG'2003, February 3-7, 2003, Plzen, Czech Republic), реализующее способ определения направления взгляда, которое является наиболее близким заявленному.

Описываемое устройство состоит из камеры слежения за движениями глаз, обзорной видеокамеры слежения за движениями головы, системы ввода изображения в персональный компьютер, а также четырех инфракрасных излучателей для формирования специальных меток-бликов на поверхности глаз.

Недостатками описываемого устройства являются отсутствие прецизионной компенсации движения головы и необходимость использования видеокамер очень высокого разрешения. Смещения головы в устройстве определяются по изображениям лица наблюдателя (в частности, путем идентификации глаз на изображении всего лица), получаемым широкоугольной видеокамерой слежения головы. Части лица имеют некоторые относительные движения, поэтому не могут быть использованы в качестве неподвижных опорных точек на голове, поэтому применяемый в устройстве способ не является строгим, и, следовательно, не может удовлетворять требованиям высокоточных измерений. Устройство также предполагает использование только одной видеокамеры для получения изображения глаз, однако поскольку глаза наблюдателя находятся на некотором расстоянии друг от друга, то кроме изображений собственно области глаз в видеокамеру попадает и незначительная информация (изображение части лица в районе переносицы). Следовательно, для получения изображения с достаточным уровнем точности необходимо повысить требования к разрешающей

способности видеокамеры, т.е. использовать в видеокамерах матрицы большой размерности, однако увеличение размерности матриц резко увеличивает объем поступающей видеоинформации и существенно повышает требования к производительности и быстродействию платы видеозахвата изображения.

- 5 Изобретение решает задачу повышения производительности измерений пространственных характеристик объекта по его изображениям на стереоскопических снимках.

Задача решается за счет того, что согласно изобретению в способе стереоскопического измерения координат точек снимков, включающем
10 построение стереоскопической модели по паре перекрывающихся изображений, определение положения осей визирования глаз при стереоскопическом восприятии этой модели и регистрацию результатов наблюдений в моменты текущей фиксации глаз, для каждого глаза вычисляют проекцию зоны фиксации взгляда на экран монитора с наблюдаемыми
15 изображениями, и на фрагментах цифровых стереоизображений, соответствующих этим зонам, выделяют характерные точки наблюдаемого объекта.

Возможны дополнительные варианты осуществления способа, в которых целесообразно:

- 20 - одноименные характерные точки наблюдаемого объекта, выделенные на фрагментах цифровых стереоизображений, соответствующих зонам фиксации взгляда, идентифицировать для левого и правого глаза путем синхронизации по времени;
- одноименные характерные точки наблюдаемого объекта, выделенные на
25 фрагментах цифровых стереоизображений, соответствующих зонам фиксации взгляда, идентифицировать для левого и правого глаза исходя из условия пересечения соответственных лучей, определяемого уравнением компланарности векторов;
- перед началом наблюдений выполнять калибровку системы путем
30 наблюдения на изображение с тест-объектами с известными координатами в системе координат основного монитора, сравнения координат центров зрачков, определенных в системе координат видеокамеры, с координатами тест-объектов, изображенными на основном мониторе, и последующего подбора

математических зависимостей, описывающих взаимные преобразования координат;

- тестовые объекты при калибровке системы предъявлять для наблюдения с разными условиями (например, время, длительность и порядок появления
- 5 тестовых объектов, расположение, размер, форма и цвет тестовых объектов, окружающий фон, статический или динамический режим появления тестовых объектов);
- во время наблюдений выполнять визуальный контроль измерений на экране контрольного монитора путем впечатывания цветных маркеров в зону
- 10 изображения, соответствующую данной фиксации;
- выполнять визуальный контроль измерений на экране основного монитора путем изменения цветовых параметров зоны . наблюдаемого стереоизображения, соответствующей данной фиксации;
- выполнять компенсацию движения головы наблюдателя путем вычисления
- 15 сдвига в положении осей визирования обоих глаз по изображениям отдельных участков головы наблюдателя;
- выполнять компенсацию движения головы наблюдателя путем отслеживания смещения нескольких меток, фиксированных на голове наблюдателя;
- отслеживать движение головы наблюдателя по меткам, установленным в
- 20 непосредственной близости от глаз наблюдателя таким образом, чтобы изображения этих меток попадали в поле зрения видеокамер, регистрирующих движение глаз наблюдателя;
- метки, используемые для отслеживания движения головы наблюдателя, изготавливать особой, например, эллипсоидальной формы, позволяющей
- 25 однозначно определять положение и ориентацию метки, и соответственно, смещение головы наблюдателя;
- определять параметры движения головы в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях;
- определять позицию зрачка при регистрации движений глаз в трехмерном
- 30 пространстве путем получения двух изображений каждого глаза двумя синхронизированными видеокамерами, установленными с разными ракурсами.

Задача достигается тем, что в состав устройства для стереоскопического измерения координат точек снимков, состоящего из двух видеокамер для

регистрации движений глаз, видеокамеры для отслеживания движения головы, системы видеозахвата изображения в персональный компьютер, монитора для вывода изображения, системы стереонаблюдения, позволяющей наблюдать стереоскопические изображения, согласно изобретению дополнительно вводят

5 конструкцию в виде оправы для очков с метками особой формы, расположенными в вертикальной плоскости таким образом, чтобы изображение меток попадало в поле зрения видеокамер, регистрирующих движение глаз.

Возможны дополнительные варианты устройства, в которых

10 целесообразно:

- в оправу для очков установить дополнительные метки особой формы, расположенные в горизонтальной плоскости, а в устройство установить зеркало, расположенное над головой наблюдателя, причем видеокамеру наблюдения за движением головы установить таким образом, чтобы в поле
- 15 зрения видеокамеры одновременно попадала часть головы и отражение в зеркале оправы очков с горизонтально расположенными на ней метками особой формы;
- в дополнение к двум основным видеокамерам, регистрирующим движения каждого глаза отдельно, установить в систему две дополнительные
- 20 видеокамеры, расположенные так, чтобы движение каждого глаза синхронно регистрировалось основной и дополнительной видеокамерой из двух точек пространства;
- установить дополнительный монитор для визуального контроля наблюдений и управления процессом наблюдений;
- 25 - установить систему инфракрасной подсветки области глаз;
- установить на видеокамеры инфракрасные светофильтры для отсеечения паразитной подсветки в видимом диапазоне спектра.

Указанные преимущества, а также особенности настоящего изобретения поясняются лучшими вариантами его выполнения со ссылками на прилагаемые

30 фигуры:

фиг.1 - типичные траектории глаза во время стабилизации взгляда при рассматривании точки объекта;

фиг. 2 – схема стереоскопического наблюдения стереоснимков на экране монитора;

фиг.3 и фиг. 4 - общий вид устройства для измерения трехмерных координат объекта по его стереоизображениям;

5 фиг.5 – оправа для очков с метками особой, например, эллипсоидальной формы, для регистрации движения головы;

фиг.6 - схема размещения основных и дополнительных видеокамер для регистрации движения глаза в трехмерном пространстве.

Построение трехмерной модели объекта в реальном времени при
10 рассматривании его визуальной копии на паре плоских стереоизображений выполняется путем отслеживания траекторий микродвижений глаз наблюдателя и регистрации фиксаций взгляда с последующим вычислением множества точек пересечения соответственных (парных) лучей, определяющих
гомогенную виртуальную поверхность, идентичную геометрической
15 поверхности объекта.

Определение фиксаций взгляда выполняется путем разделения общей последовательности составляющих движения глаза на зоны быстрого перемещения (саккады) и зоны стабилизации взгляда (фиксации) независимо для каждого глаза. На фиг.1 изображены типичные траектории глаза во время
20 стабилизации взгляда при рассматривании точки объекта – зоны фиксаций 1 (выделены штрих-пунктирными линиями). Как правило, определение точки фиксации 2 (выделены сплошной линией) выполняется путем вычисления среднего геометрического положения или средневзвешенного центроида точек траектории взгляда в пределах зоны фиксации 1 (фиг.1), однако, как показано
25 на фиг.1, при этом часто возникает проблема неопределенности выбора конкретной точки фиксации 2, вызванная существенным разбросом точек траектории движения глаза в пределах зоны фиксации 1.

Разрешение этой неопределенности предлагается выполнить следующим образом. Поскольку целью стереоскопических измерений является
30 определение пространственных характеристик объекта, наблюдатель рассматривает характерные точки объекта, отличающие этот объект от окружающей среды и определяющие его форму и размеры. Естественно предположить, что проекция зоны фиксации взгляда на наблюдаемом

изображении на экране монитора содержит одну или нескольких таких точек. Координаты этих точек на цифровом изображении можно найти автоматически, применяя алгоритмы Харриса, KLT или аналогичные.

На практике описанные алгоритмы могут выделить несколько
5 характерных точек на фрагменте изображения, соответствующем данной зоне фиксации. Поскольку физиологически человек не может одновременно зафиксировать взгляд на двух разных точках объекта, то точки фиксации, выделенные в зонах фиксации левого и правого глаз с использованием алгоритмов поиска характерных точек на изображении, предлагается
10 синхронизировать по времени. Синхронизация по времени позволяет снизить неоднозначность определения характерных точек на изображении в пределах зоны фиксации, соответствующей рассматриванию точки объекта одновременно двумя глазами, однако из-за латеральных особенностей конкретного индивида (динамическая асимметрия одного из глаз, т.е.
15 некоторое «запаздывание», «отставание», аналогичное эффекту «левша-правша») это направление все еще может не соответствовать истинному положению соответственных лучей, существовавшему при наблюдении конкретной точки объекта.

Разрешение этой неоднозначности осуществляется путем анализа
20 геометрического пересечения лучей визирования левого и правого глаза при стереоскопическом рассматривании точки объекта.

Свойство бинокулярного зрения человека таково, что горизонтальный пространственный параллакс P между парой соответственных точек a_L и a_R на двух изображениях, расположенных в одной плоскости (при условии их
25 раздельного наблюдения глазами, фиг.2), вызывает у человека ощущение восприятия некоторой точки, расположенной вне плоскости. Как показано на фиг. 2, плоскость D есть плоскость дисплея со стереоизображениями, на которой фокусируются глаза наблюдателя, оси R_L и R_R есть зрительные оси соответственно для левого L и правого R глаз, а B – глазной базис. При
30 раздельном наблюдении двух соответственных точек a_L и a_R , отображенных на левом и правом снимке стереопары, в мозгу человека формируется образ точки A виртуальной модели объекта, образованной в результате пересечения осей визирования R_L и R_R . Условие геометрического пересечения соответственных

лучей определяется условием принадлежности векторов R_L и R_R к одной плоскости, проходящей через глазной базис B . Это условие записывается уравнением компланарности векторов:

$$B \cdot (R_L \times R_R) = 0$$

5 Таким образом, в предлагаемом способе точки-«кандидаты» 2, выделенные в пределах соответствующих зон фиксации 1 (фиг. 1) для левого и правого глаза, сначала синхронизируются по времени, а затем дополнительно проверяются на соблюдение условия компланарности векторов. Принадлежность соответственных векторов одной базисной плоскости
10 является строгим геометрическим условием наблюдения на конкретную точку на стереоизображении, и, следовательно, множество точек пересечения соответственных (парных) лучей, удовлетворяющих условию компланарности при рассматривании стереомодели, определяют гомогенную виртуальную поверхность, идентичную геометрической поверхности наблюдаемого объекта.

15 Для реализации предложенного способа стереоскопического измерения координат точек снимков предлагается устройство (фиг.3 и фиг.4), содержащее видеокамеры 3 и 4 с инфракрасными светофильтрами 5 и 6 для регистрации движений глаз 7 и 8 соответственно, видеокамеру 9 и зеркало 10 для
20 отслеживания движения головы 11, систему видеозахвата изображения в персональный компьютер, основной монитор 12 для вывода наблюдаемого стереоизображения, дополнительный (контрольный) монитор 13 для визуального контроля наблюдений и управления процессом наблюдений, систему стереонаблюдения 14, систему инфракрасной подсветки области глаз 15 и оправу для очков 16 с метками особой, например, эллипсоидальной
25 формы, 17 и 18 (фиг.5).

 На фиг. 5 изображена оправа для очков 16 с метками особой, например, эллипсоидальной формы, 17 и 18, причем метки 17 расположены в вертикальной плоскости так, чтобы их изображение попадало в поле зрения соответствующих видеокамер 3 и 4, регистрирующих движение глаз 7 и 8
30 соответственно, а специальные метки 18 расположены в горизонтальной плоскости так, чтобы их изображение через зеркало 10 попадало в видеокамеру 9. Изображения меток 17 и 18 используются для регистрации движения головы.

На фиг. 6 приведена схема размещения основных 3 и 4 и дополнительных 19 и 20 видеокамер для регистрации движения глаз 7 и 8 в трехмерном пространстве.

5 Устройство для измерения пространственных характеристик объекта по его стереоизображениям работает следующим образом.

Для наблюдения объекта по его стереоизображениям стереоскопические снимки выводят на экран основного монитора 12, и выполняют калибровку системы для конкретного наблюдателя, во время которой он наблюдает статические и динамические тестовые объекты, отображающиеся на этом мониторе. Сущность калибровки заключается в установлении зависимостей между координатами центров зрачков, зафиксированных видеокамерами 3 и 4 в моменты стабилизации взгляда во время наблюдения контрольных объектов на экране основного монитора 12, и координатами этих объектов с последующим учетом психофизических особенностей конкретного наблюдателя при выполнении наблюдений и анализе их результатов. Калибровку можно выполнять как в монокулярном режиме (рассматривание двумя глазами моноизображения тестовых объектов на мониторе), так и при стереоскопическом режиме (рассматривание виртуальных моделей трехмерных тестовых объектов с использованием системы для стереонаблюдений).

20 Непосредственно наблюдения выполняют путем рассматривания стереоскопических изображений изучаемого объекта с фиксацией траектории взгляда с учетом результатов калибровки, выделением зон и точек фиксации с контролем по условию компланарности и последующим определением пространственных координат объекта. Определение пространственных координат точек поверхности объекта выполняют путем анализа продольного параллакса P с использованием набора двумерных координат соответственных точек в зонах фиксации на основе преобразований, используемых в фотограмметрии или проективной стереометрии. Построение трехмерной модели объекта выполняют путем ориентирования построенной виртуальной модели относительно набора фиксированных опорных точек, задающих внешнюю систему координат объекта.

Компенсацию движения головы выполняют путем определения параметров движения по вычисленным сдвигам изображения с использованием

специальных меток 17 и 18 и ввода соответствующих компенсирующих поправок в координаты зрачка, причем камера наблюдения за движениями головы синхронизирована с видеокамерами наблюдения за глазами.

5 Использование дополнительных видеокамер 19 и 20 для регистрации микродвижений глаз позволяет определить трехмерную позицию зрачка и повысить точность вычисления направления взгляда.

Контроль наблюдений выполняют путем обратной связи, при которой зоны фиксаций с корректно вычисленным положением точки пересечения соответственных лучей выделяют на экране контрольного монитора 13 путем
10 впечатывания цветowych маркеров и на основном мониторе 12 путем изменения цветowych параметров части изображения, соответствующей данной фиксации. Обратная связь дает возможность наблюдателю не только контролировать прогресс в проведении работ (т.е. видеть области изображения, в которых уже выполнены наблюдения), но и оценить качество наблюдений, анализируя цвет
15 маркеров, впечатываемых в изображение на контрольном мониторе 13 (цвет маркеров определяется величинами расхождений остаточных вертикальных параллаксов, вычисленных по условию компланарности и соответствующих определенным точкам фиксаций). Поскольку механизм обратной связи показывает зоны, в которых наблюдения уже выполнены, результаты контроля
20 также используют при возобновлении работ после перерыва.

Заявленный способ и устройство стереоскопического измерения координат точек снимков промышленно применимы в компьютерных системах, предназначенных для цифровых стереоскопических измерений, а также в таких областях, как цифровая интерактивная фотограмметрия,
25 распознавание образов, трехмерные измерения в медицине, биологии, исследование природных ресурсов, горные разработки, разработки полезных ископаемых, оценивание рисков и последствий природных и техногенных катастроф, интерактивные обучающие системы, системы проверки стереозрения, системы проверки профессиональной пригодности,
30 компьютерные и телевизионные игры. Промышленная применимость изобретения подтверждена результатами испытаний экспериментального образца устройства, реализующего заявленный способ.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ стереоскопического измерения координат точек снимков, заключающийся в построении стереоскопической модели по паре
5 перекрывающихся изображений, определении положения осей визирования глаз при стереоскопическом восприятии этой модели и регистрации результатов наблюдений в моменты текущей фиксации глаз, отличающийся тем, что для каждого глаза вычисляют проекцию зоны фиксации взгляда на экран монитора с наблюдаемыми изображениями, и на фрагментах
10 цифровых стереоизображений, соответствующих этим зонам, выделяют характерные точки наблюдаемого объекта.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что одноименные характерные точки наблюдаемого объекта, выделенные на фрагментах цифровых стереоизображений, соответствующих зонам фиксации взгляда,
15 идентифицируют для левого и правого глаза путем синхронизации по времени.

3. Способ по любому из п.1-2, отличающийся тем, что одноименные характерные точки наблюдаемого объекта, выделенные на фрагментах цифровых стереоизображений, соответствующих зонам фиксации взгляда,
20 идентифицируют для левого и правого глаза, исходя из условия пересечения соответственных лучей, определяемого уравнением компланарности векторов.

4. Способ по любому из п.1-3, отличающийся тем, что перед началом наблюдений выполняют калибровку системы путем наблюдения на
25 изображение с тест-объектами с известными координатами в системе координат основного монитора, сравнения координат центров зрачков, определенных в системе координат видеокамеры, с координатами тест-объектов, изображенными на основном мониторе, и последующего подбора математических зависимостей, описывающих взаимные преобразования
30 координат.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что при калибровке системы тестовые объекты предъявляют для наблюдения с разными условиями, такими как, например, время, длительность и порядок появления тестовых

объектов, расположение, размер, форма и цвет тестовых объектов, окружающий фон, статический или динамический режим появления тестовых объектов.

5 6. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что дополнительно во время наблюдений выполняют визуальный контроль измерений на экране контрольного монитора путем впечатывания цветных маркеров в зону изображения, соответствующую данной фиксации.

10 7. Способ по п.6, отличающийся тем, что визуальный контроль измерений выполняют дополнительно на экране основного монитора путем изменения цветовых параметров зоны наблюдаемого стереоизображения, соответствующей данной фиксации.

15 8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что выполняют компенсацию движения головы наблюдателя путем вычисления сдвига в положении осей визирования обоих глаз по изображениям отдельных участков головы наблюдателя.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что компенсацию движения головы наблюдателя выполняют путем отслеживания смещения нескольких меток, фиксированных на голове наблюдателя.

20 10. Способ по п.9, отличающееся тем, движение головы наблюдателя отслеживают по меткам, установленным в непосредственной близости от глаз наблюдателя таким образом, чтобы изображения этих меток попадали в поле зрения видеокамер, регистрирующих движение глаз наблюдателя.

25 11. Способ по п.10, отличающийся тем, что метки, используемые для отслеживания движения головы наблюдателя, имеют особую форму, позволяющую однозначно определять положение и ориентацию метки, и соответственно, смещение головы наблюдателя.

12. Способ по п.8, отличающийся тем, что параметры движения головы определяют в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях.

30 13. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что позицию зрачка при регистрации движений глаз определяют в трехмерном пространстве путем получения двух изображений каждого глаза двумя синхронизированными видеокамерами, установленными с разными ракурсами.

14. Устройство для стереоскопического измерения координат точек снимков, состоящее из двух видеокамер для регистрации движений глаз, видеокамеры для отслеживания движения головы, системы видеозахвата изображения в персональный компьютер, монитора для вывода
5 изображения, системы стереонаблюдения, позволяющей наблюдать стереоскопические изображения, отличающееся тем, что устройство содержит конструкцию в виде оправы для очков с метками особой, например, эллипсоидальной формы, расположенными в вертикальной плоскости таким образом, чтобы изображение меток попадало в поле
10 зрения видеокамер, регистрирующих движение глаз.

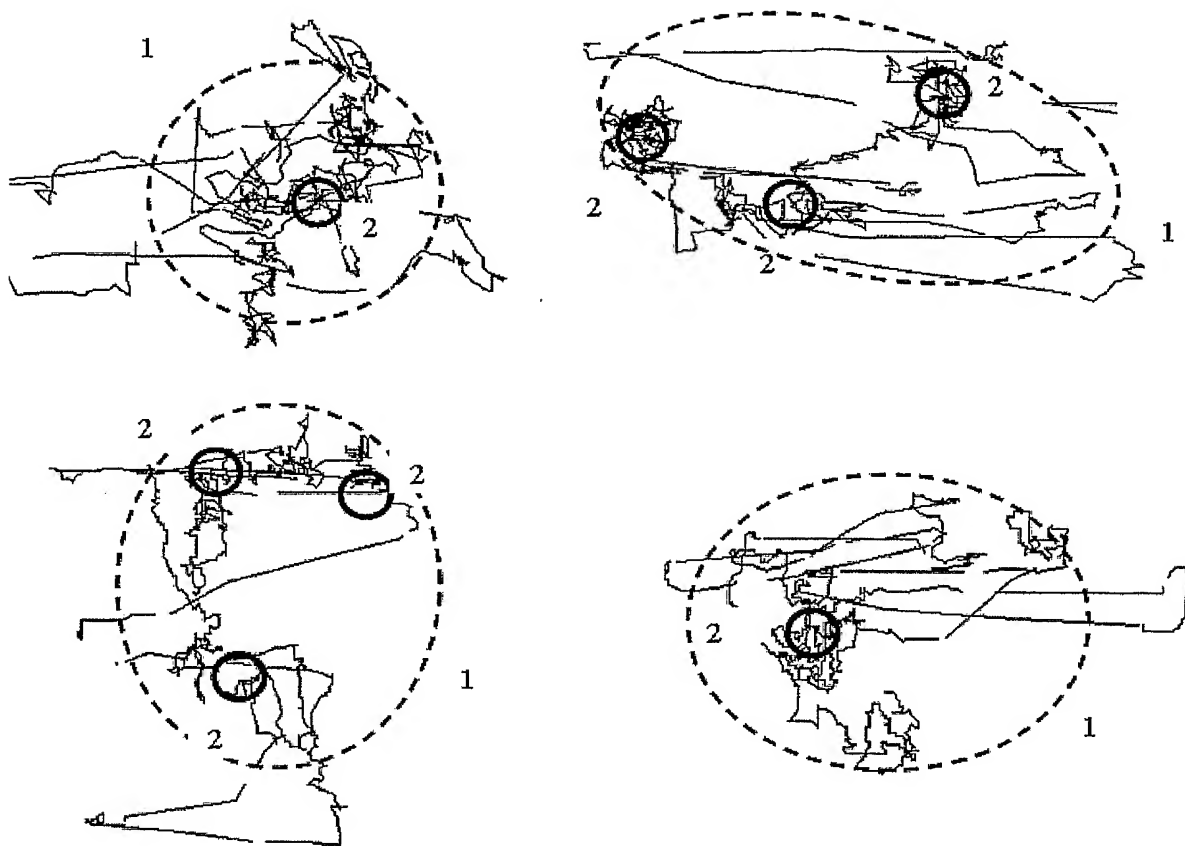
15. Устройство по п.14, отличающееся тем, что оправа для очков имеет дополнительные метки особой, например, эллипсоидальной формы, расположенные в горизонтальной плоскости, а в устройство дополнительно установлено зеркало, расположенное над головой наблюдателя, причем
15 видеокамера наблюдения за движением головы установлена таким образом, чтобы в поле зрения видеокамеры одновременно попадала часть головы и отражение в зеркале оправы очков с горизонтально расположенными на ней метками.

16. Устройство по любому из пп.14-15, отличающееся тем, что в
20 дополнение к двум основным видеокамерам, регистрирующим движения каждого глаза отдельно, а в устройство дополнительно установлены две дополнительные видеокамеры, расположенные так, чтобы движение каждого глаза синхронно регистрировалось основной и дополнительной видеокамерой из двух точек пространства.

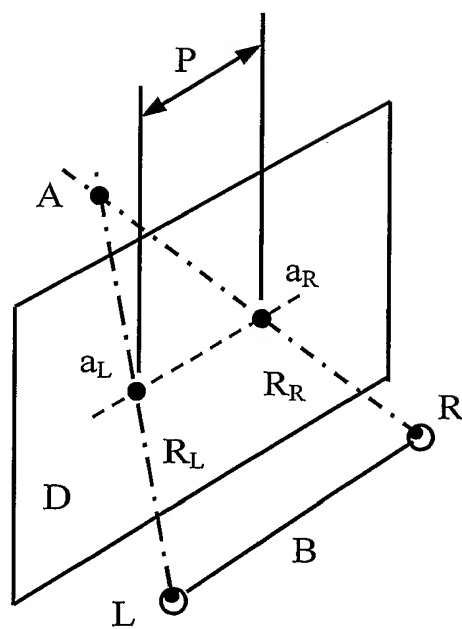
25 17. Устройство по любому из пп.14-16, отличающееся тем, что оно содержит дополнительный монитор для визуального контроля наблюдений и управления процессом наблюдений.

18. Устройство по любому из пп.14-17, отличающееся тем, что оно
содержит систему инфракрасной подсветки области глаз.

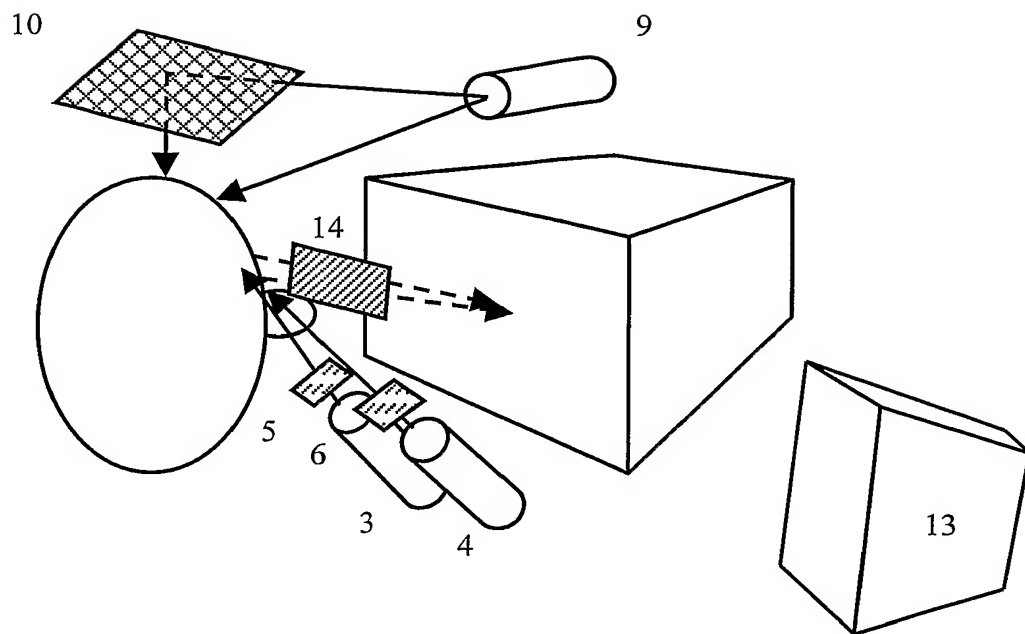
30 19. Устройство по любому из пп.14-18, отличающееся тем, что видеокамеры имеют инфракрасные светофильтры для отсека паразитной подсветки в видимом диапазоне спектра.



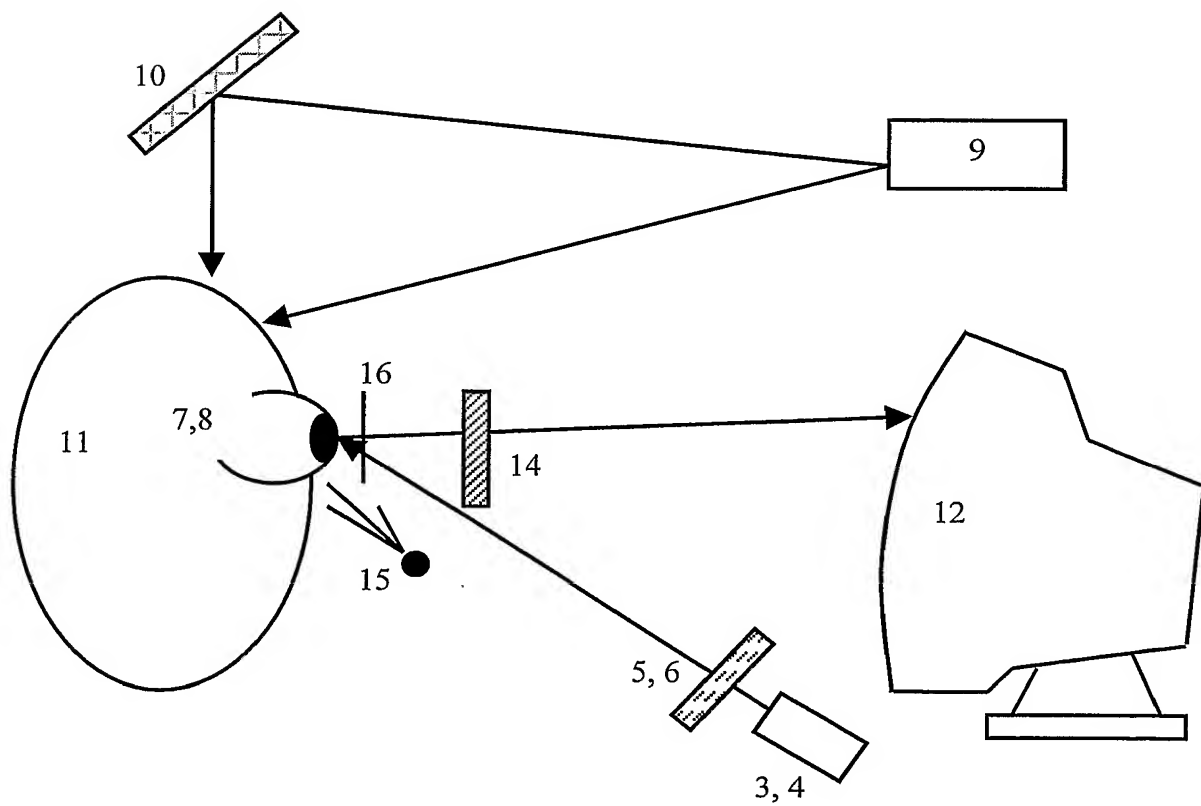
Фиг. 1



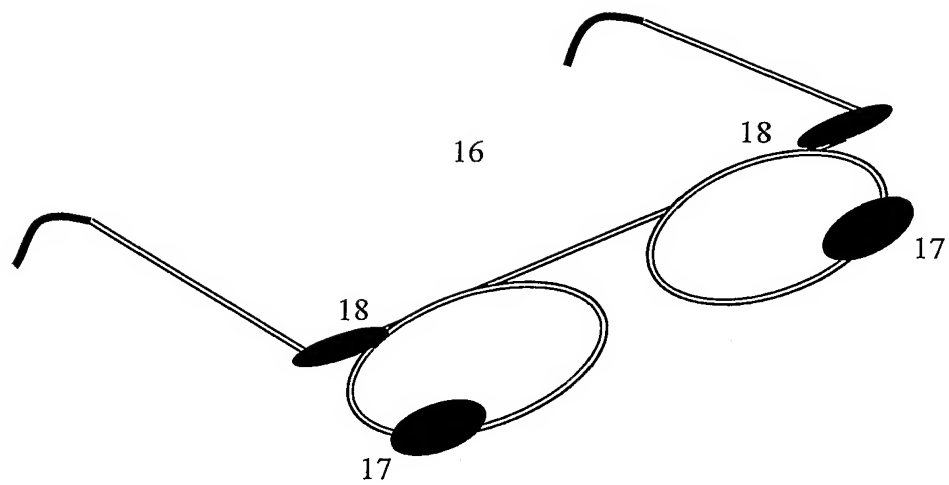
Фиг. 2



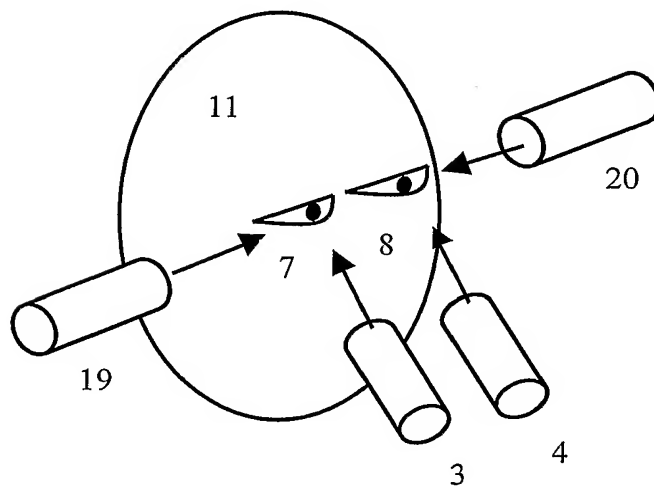
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2004/000181

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">G01C 11/04</div> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
B. FIELDS SEARCHED <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">G01C 11/00-11/04, H04N 13/00-13/04 G06T 15/00, A61B 3/00-3/10</div> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SU 551504 A (CHEKALIN V.F. et al.) 30. 05. 1977	1-19
A	SU 1800265 A1 (KUZNETSOV S.V.), 07.03.93, the claims, figure 6	1-19
A	EP 0817123 A1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 07. 01. 1998, the abstract, figures 1, 3	14-19
A	EP 0389090 A2 (TEKTRONIX, INC.) 26. 09. 1990, the abstract, figures 1, 3	14-19
A	RU 2221475 C1 (USANOV D.A. et al.), 20.01.04, the abstract	14-19
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex. </div>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> </div> </div>		
<p>Date of the actual completion of the international search</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">23 December 2004 (23.12.2004)</div>		<p>Date of mailing of the international search report</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">20 January 2005 (20.01.2005)</div>
<p>Name and mailing address of the ISA/</p>		<p>Authorized officer</p>
<p>Facsimile No.</p>		<p>Telephone No.</p>

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №
PCT/RU 2004/000181

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:		
G01C 11/04		
Согласно международной патентной классификации (МПК-7)		
В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:		
Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-7:		
G01C 11/00-11/04, H04N 13/00-13/04 G06T 15/00, A61B 3/00-3/10		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:		
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, поисковые термины):		
С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:		
Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	SU 551504 A (ЧЕКАЛИН В. Ф. и др.) 30. 05. 1977	1-19
A	SU 1800265 A1 (КУЗНЕЦОВ С. В.) 07. 03. 1993, формула, фиг. 6	1-19
A	EP 0817123 A1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 07. 01. 1998, реферат, фиг. 1, 3	14-19
A	EP 0389090 A2 (TEKTRONIX, INC.) 26. 09. 1990, реферат, фиг. 1-2	14-19
A	RU 2221475 C1 (УСАНОВ Д. А. и др.) 20. 01. 2004, реферат	14-19
<input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы С. <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: А документ, определяющий общий уровень техники Е более ранний документ или патент, но опубликованный на дату международной подачи или после нее О документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д. Р документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета и т.д. Т более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения Х документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень Y документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории & документ, являющийся патентом-аналогом		
Дата действительного завершения международного поиска: 23 декабря 2004 (23. 12. 2004)		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 20 января 2005 (20. 01. 2005)
Наименование и адрес Международного поискового органа Федеральный институт промышленной собственности Рф.123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30,1 Факс: 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА		Уполномоченное лицо: Е. Янковская Телефон № 240-25-91

Форма PCT/ISA/210 (второй лист)(январь 2004)